

電力研究簡訊

Power Research Newsletter

109 年第 2 季 (109.04 No.116)

台電綜合研究所 **TPRI**

地址：(10091) 台北市羅斯福路 4 段 198 號 電話：(02)2360-1084 傳真：(02)2364-9611

目錄

研究計畫成果

- 一、協一機鍋爐高燃振肇因的解析探討1
- 二、建置供電單位防災預警系統及應用即時動態定位 (RTK) 評估之可行性研究3
- 三、智慧綠社區與居家能源管理系統 (HEMS) 整合應用研究 - 以興達電廠宿舍區為例5
- 四、輸電鐵塔氣象感測器物聯網監測系統研製7

台灣電力公司

使命：以合理成本及友善環境的方式，提供社會多元發展所需的穩定電力。
願景：成為卓越且值得信賴的世界級電力事業集團。
經營理念：誠信、關懷、服務、成長。

研究計畫成果

一、協一機鍋爐高燃振肇因的解析探討

(能源研究室：楊泰然、陳瑞麒、李泰成、石振宇；協和發電廠：黃森鋼、彭進明)

(一) 研究背景：

協和電廠鍋爐高燃振問題於 106 年下半年起，由本所與電廠協力以均流概念結合即時優化燃調核心技术應用改善燃燒效能，終於在 107 年 3 月中旬解決 17 年來懸而未決之運轉問題；隨後為完整釐清高燃振肇因，研究計畫也進行了一些解析探討。

協一機鍋爐在進入夏季高氣溫需要高負載運轉，只要鍋爐燃燒效能稍微偏離而出現爐內燃燒狀態不穩或兩側燃氣偏流，便容易出現爐膛高燃振現象；由歷年來改善過程多次發現高燃振與爐內燃燒優劣狀態有著相當的關聯性，因此藉由有效優化燃調的回測應該有機會觀察到一些關鍵影響因素；以下探討本案經由逐步觀察有效優化燃調變化、爐膛振動頻譜分析及爐膛結構模式分析，最後釐清形成高燃振肇因的主要組合因素。

(二) 解析方法：

1. 觀察有效優化燃調變化

負載 366MW~400MW 區間以有效的優化燃調前後的燃調狀況變化作說明 (如圖 1、2)：以下觀察顯示高燃振可能源自爐膛兩側燃氣偏流壓力脈動引發兩側燃燒室間的水牆管隔

板振動或者是燃燒狀態不穩定空氣壓力脈波引發風箱體振動。

2. 爐膛振動頻譜分析

後續於鍋爐廠房進行振動頻譜量測分析，發現爐膛風箱測得的自然特徵頻率共出現三種低頻段振動頻率 1Hz、6Hz 及 31Hz 以及燃燒器前供油管段測得比風箱更明顯的 6Hz 附近振動頻率如圖 3 所示。因為各燃燒器前供油管段 6Hz 振幅更為明顯且不受優化燃調影響，因此認為 6Hz 的振源主要係來自油管段本身，如此 24 支油槍油路管段的頻率差組合將加乘形成忽大忽小具週期性的振動，會造成鍋爐振動產生 Rumbling 的現象。

三種自然特徵頻率經由有效優化燃調前後發生的變化如圖 4 所示，結果 1Hz 燃振均值已由 142 μ m 減振至 24 μ m (減振-83%) 並且 31Hz 燃振均值已由 128 μ m 減振至 11 μ m (減振-91%)，如表 1 所示顯然 1Hz 與 31Hz 燃振均值皆因為燃調影響而大幅減振，但在 6Hz 附近頻率的燃振均值依然為 45 μ m 較不受影響。

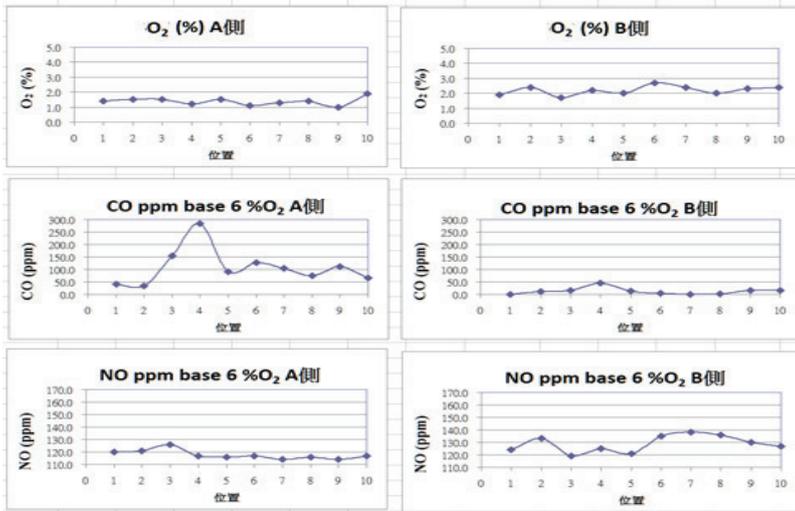


圖 1

[燃調前]於 107/3/3 日 13:30 取測,當時即時優化燃調尚未施行;負載 366MW/油溫 105°C/差壓 1.65kg/cm²。

[煙道煙氣成份分析]O₂(1.38/2.20 %)、CO(109/12.6 ppm),結果如圖示呈現燃燒狀態不佳及兩側煙氣偏流現象。

[BNR 10F 振動]為高燃振狀態
燃振均值 127μm, 燃振峰值 475μm。

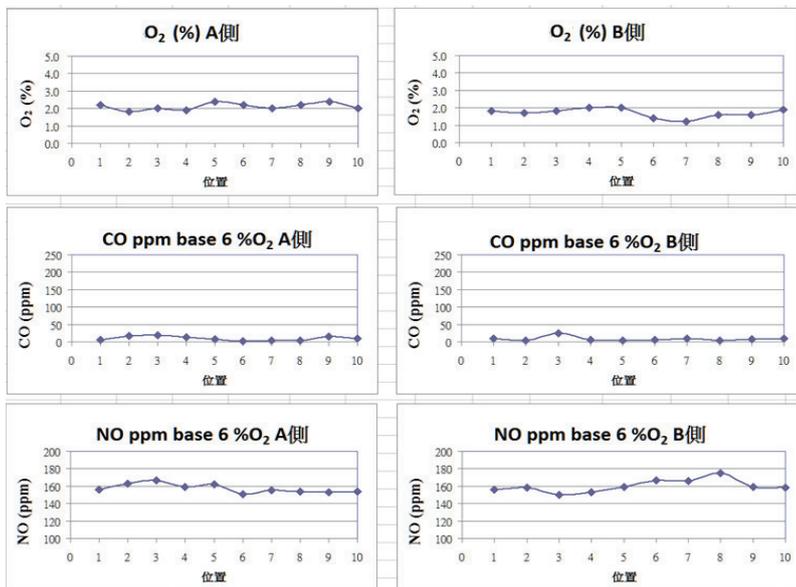


圖 2

[燃調後]T13 測試於 3/8 日 10:30 取測;負載 381 MW /油溫 98.3°C/差壓 0.9kg/cm², O₂Trim 55% 為優化設定組。

[煙道煙氣成份分析] O₂(2.11/1.70 %)、CO(9.5/ 8.1 ppm),結果如圖示呈現燃燒狀態佳及兩側煙氣無偏流現象。

[BNR 10F 振動]燃振已改善
燃振均值 7.53μm, 燃振峰值 105μm

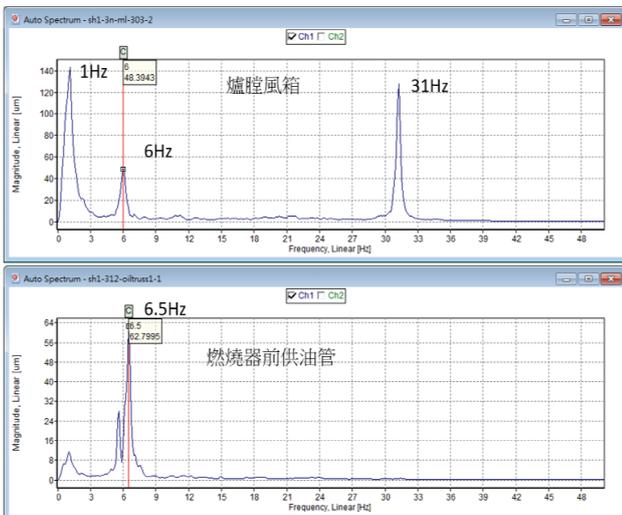


圖 3 鍋爐的三種低頻段振動頻率

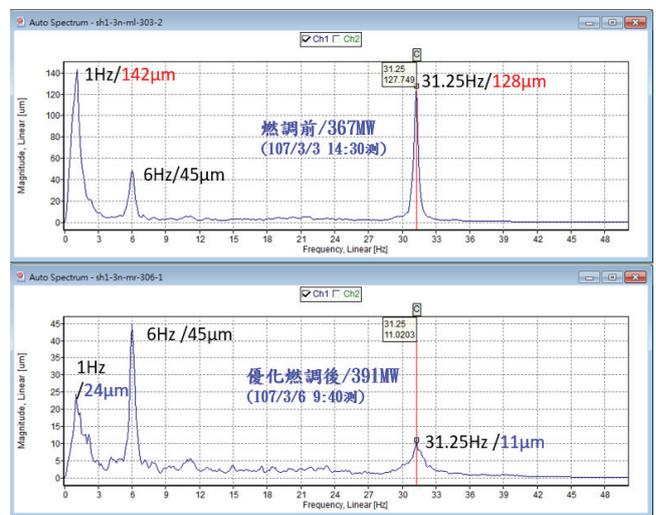


圖 4 優化燃調前後各自然頻率的變化

表 1 優化燃調前後各自然頻率的變化

協一鍋爐	燃調前	優化燃調後	減振成效
測試日期	107/03/03	107/03/06	
負載	367MW	391MW	
1Hz 燃振均值	142 μ m	24 μ m	-83%
6Hz 燃振均值	45 μ m	45 μ m	不受影響
31.25Hz 燃振均值	128 μ m	11 μ m	-91%

3. 爐膛結構振動分析模型

為了辨別 1Hz、31Hz 的自然特徵頻率究竟源自何處，於是建置鍋爐爐膛結構振動分析模型(Abaqus)來進一步釐清如圖 5 所示。

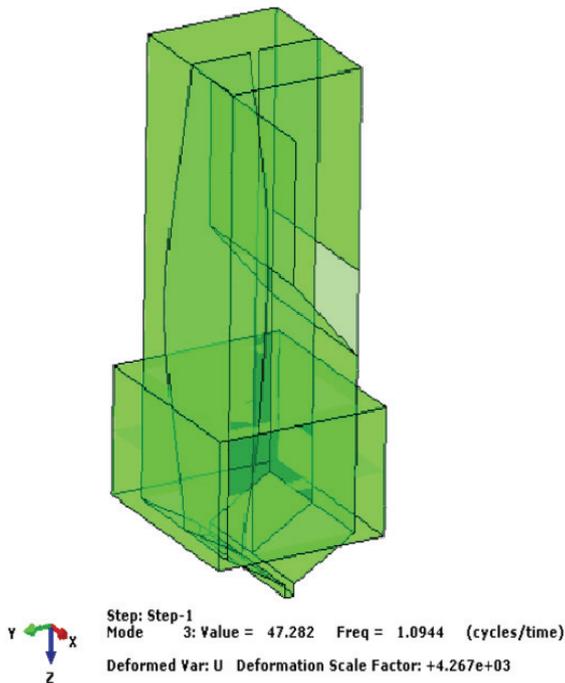


圖 5 爐膛結構振動模型-第三模態(頻率 1.1Hz)

依振動模型分析結果發現協一機鍋爐爐膛存在 5 種振動模態，其自然頻率分別為 0.27、0.74、1.1、1.19、1.39(Hz)，其中振幅最強的是第三模態如圖 5 所示自然頻率為 1.1Hz；依此我們結合上述兩節的分析，可以印證爐膛內與燃燒狀態息息相關的燃振：

- (1) 自然頻率 1Hz 附近的燃振源頭，係來自爐膛兩側燃氣偏流時壓力脈動引發燃燒室之間兩片水牆管隔板振動。
- (2) 自然頻率 31Hz 附近燃振，為爐內燃燒器燃燒不穩定空氣壓力脈波引發風箱體振動。

(三) 結論：

協一機鍋爐爐膛高燃振肇因，經由上述逐步觀察有效優化燃調變化、爐膛振動頻譜分析及爐膛結構模式分析等印證而終於獲得釐清，歸納其肇因的形成為多項因素所組合：

1. 其一源自改裝 De-NOx Burner 後因延後燃燒形成漸次嚴重的「爐膛熱傳劣化狀態」使爐內燃氣偏向高溫高流速
2. 第二項因素為爐內燃氣熱流場狀態改變使「燃燒器燃燒條件偏離」
3. 第三項因素為「爐膛設備具有特定自然頻率」，使得高負載(燃氣高流速)狀態下有兩項設備容易受到爐內燃燒狀態不佳而引動：
 - (1) 於燃燒器燃燒不佳時引發風箱本體(31Hz)振動
 - (2) 於爐膛兩側燃氣偏流時引發燃燒室之間兩片水牆管隔板(1Hz)振動
4. 此外，進入各燃燒器前的供油管段有 6Hz 附近的振動，24 支油管的振動交互形成 Rumbling 現象，助長使爐膛高燃振呈現出振幅忽大忽小的週期性振動。

經由以上對於協一機鍋爐高燃振肇因的釐清，清楚掌握形成高燃振肇因背後的組合因素後，可提供未來作為協和電廠其他同型鍋爐防治爐膛高燃振時的重要參考。

二、建置供電單位防災預警系統及應用即時動態定位 (RTK) 評估之可行性研究

(電力研究室：周昱緯、陳健舜、唐城)

(一) 研究緣由與目標：

因應近年來極端氣候對塔基邊坡滑動影響供電穩定之問題，本計畫應用定置型傾斜計等邊坡監測儀器搭配即時動態定位系統，並導入國內首例應用架空光纖地線(Optic Fiber Composite Overhead Ground Wire, OPGW)進行防災資訊傳輸，於台電公

司 345kV 大觀、明潭~鳳林線#52、#68、#163，以及 161kV 鳳林~花蓮線#76、#77 等 5 座鐵塔，進行評估研究。本計畫由動態定位系統、結構監測系統、塔基監測系統及環境監測系統等四大系統組成之感測系統來進行目標鐵塔之監測工作，並由後臺管理系統提供預警功能，於塔基監測管理平台中以燈號

顯示監控設備之警示訊號，使鐵塔維護管理人員可透過使用者監測介面，獲取雲端資料數據，立即掌握監測鐵塔之狀況。



圖 1 #68 所在位置空拍圖

(二) 研究內容：

鐵塔基礎動態智慧監測系統包含電力、感測、通訊及資料分析管理等四大系統，系統概念如圖 2。其中，感測系統規劃由動態定位系統、結構監測系統、塔基監測系統及環境監測系統等四大系統所組

成，以進行目標鐵塔的監測工作，各系統之功能簡述如下：

1. 動態定位系統係藉由單座鐵塔周遭地盤設置之 1 座 GPS 測站及 2 座 GPS 固定站所獲得的高精度三維定位資料，監測鐵塔之地盤長期變動趨勢。
2. 鐵塔結構監測系統係透過設置於鐵塔基座之加速規、應變計與傾斜計，來了解鐵塔之結構行為與剛性。
3. 塔基監測系統係設置傾斜計於塔基基礎上，以量測塔基傾斜變化情形，並透過設置定置型傾斜計自動量測地層之滑動變形狀況，綜合評估安全性。
4. 環境監測系統係利用雨量計、水壓計、風速計、風向計來了解雨量、風速、風向及監測地下水位變化量，作為地滑分析警戒及坡地災害之預警使用。
5. 監測資料則是透過通訊系統傳輸至管理平台，本計畫經評估採用能穩定由監測塔至接續塔(具備台電公司 OPGW Joint Box 之鐵塔)間的通訊技術，如 LoRa、4G...等，並建置其通訊系統，及進行光電轉換之通訊測試。

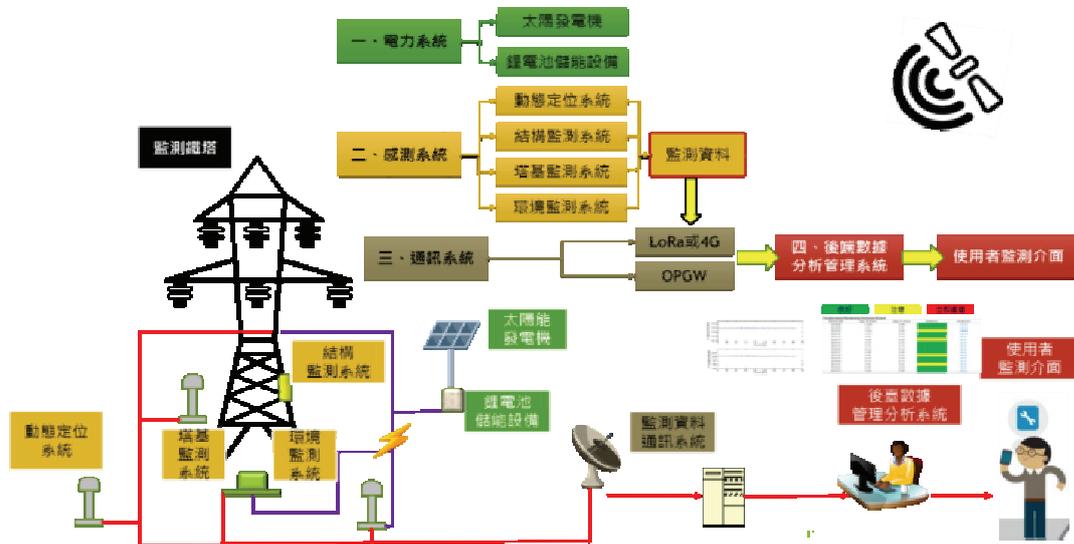


圖 2 鐵塔基礎動態智慧監測系統概念圖

(三) 監測資訊管理系統與成果：

本案於五座鐵塔(#76、#77、#163、#52、#68)安裝自動監測設備，並使用 LoRa 及 4G 兩種傳輸技術，配合兩種不同的通訊協議，傳輸各項監測儀器之資訊回到伺服器之中，並將數據紀錄於資料庫中，以利前端展示頁面進行資料擷取及展示，儀器種類包括有定置型傾斜計、水壓計、山崩地滑警示、

電子傾斜計、即時動態定位(GPS)、加速度計及風速風向計等等，隨著監測需求及目的之不同，分別於各鐵塔上安裝合適的儀器，資料傳輸架構圖與系統畫面如圖 3、圖 4 所示，圖 5 為 #77 定置型傾斜計監測回傳結果。目前本系統確實對有邊坡危害之鐵塔達到監測預警之功效，本案之建置經驗可供國內有相同處境之鐵塔作為建置參考。

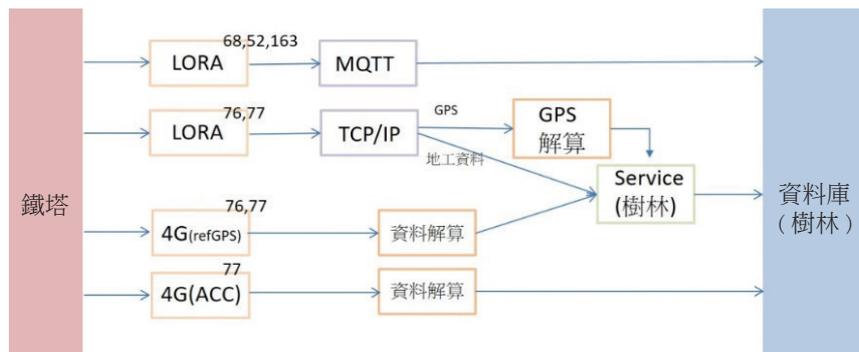


圖 3 監測資料之傳輸架構圖



圖 4 系統首頁 (監測資料圖台頁面) 示意圖

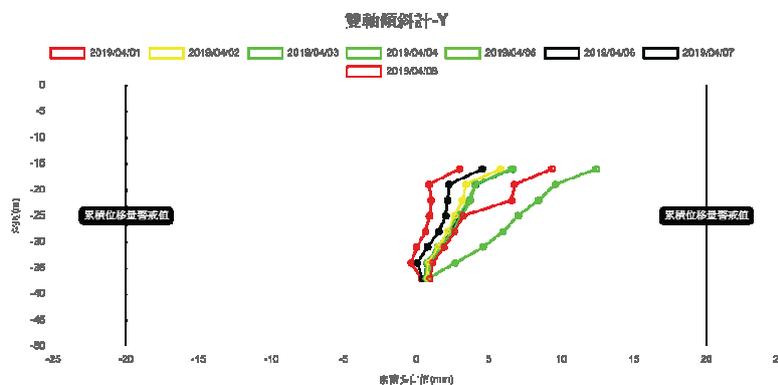


圖 5 #77 鐵塔定置型傾斜計監測成果圖(Y 向)

三、智慧綠社區與居家能源管理系統(HEMS)整合應用研究-以興達電廠宿舍區為例

(負載管理研究室：張作帆、陳佳祥)

(一) 研究緣由：

配合行政院規劃在 106 年底完成 1000 戶示範，包含電業端(Route A)及家庭端(Route B)連結之完整 AMI 佈建，建立對應智慧用戶應用服務研究，本研究計畫重點在，透過 Route B 聚合個別 AMI 資訊，成為社區整體用電資訊，建立個別用戶的用電排行榜，透過政策推播，實驗節電獎勵效益，掌握用戶

節電動機與誘因。本研究目的以本公司興達電廠宿舍區為例示範場域內，建置「社區雲端能源管理」實驗系統，並提供四大主要功能：(1)社區能源管理系統(CEMS) (2)家庭能源管理系統(HEMS) (3)社區 WiFi 上網整合建置 (4)用戶的自動需量反應功能與商業模式應用。

為考量備勤宿舍區網際網路涵蓋狀況不足，造

成智慧插座透過戶內開道器連上網際網路的不確定因素多，預定在備勤宿舍區建置 WiFi 無線網路，目的是提供一致性連網方式，使戶內開道器可連上網際網路，同時支援用戶可透過智慧手機 APP，隨時掌握用電訊息。有關用戶智慧家庭能源管理(HEMS)將配置智慧開關或智慧插座，透過戶內開道器連上網際網路，量測智慧插座上電器之用電量，記錄用電行為，在非尖峰時段，或是尖峰時段沒有實施 ADR 事件時段，不介入用戶電器操作，只記錄用戶用電模式，作為 ADR 實施時之用電基線計算基礎。

(二) 研究成果：

1. 完成蒐集國內外有關住商型用戶參與自動需量反應及智慧綠社區與家庭能源管理系統整合應用實例、發展現況及推動成效。
2. 完成智慧綠社區網際網路基礎設施建置，使全社區室內與室外有專屬 WiFi 訊號涵蓋，提供未來智慧綠社區上網服務與整合智慧生活之基礎

安全需求。

3. 完成家庭能源管理系統(HEMS)：具備無線家庭網路、量測即時用電、用電資料行動查詢雲端平台、遠端控制電器及抑低空調功能。以透過外接智慧插座或於既設配電盤專用迴路安裝智慧控制開關單元，可支援 VEN 之 ADR 調度指令，經由 WiFi 無線網路執行可進行量測用電及遠端控制等兩項功能，並能透過手機 APP 顯示用電資訊並遙控家中電器或迴路，實現智慧家庭應用情境。
4. 完成建立自動需量反應(Automated Demand Response, ADR)負載管理功能：以 OpenADR 2.0b 協定，依據電器設備的即時動態負載，建立可抑低需量的卸載模式。
5. 完成建立社區能源管理系統(CEMS)：具備全社區用電量可視化、住戶節能競賽排行、社區安全監視及台電政策推播功能。

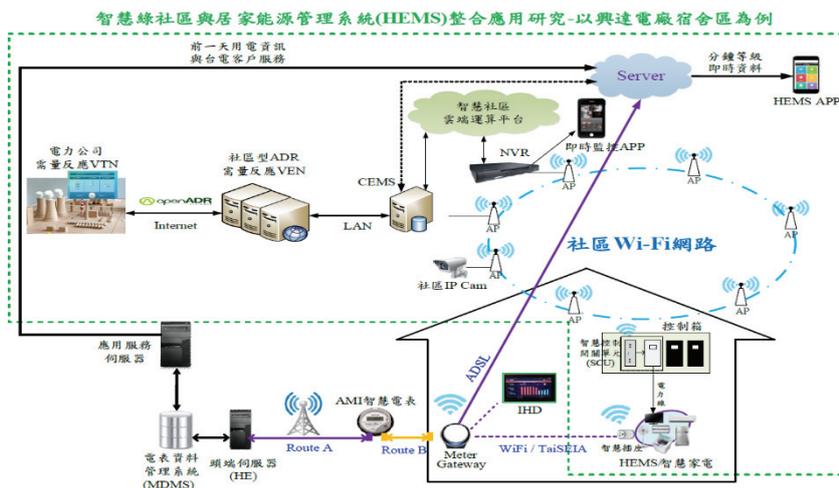


圖 1 CEMS+HEMS 整合系統架構



圖 2 HEMS APP 功能架構

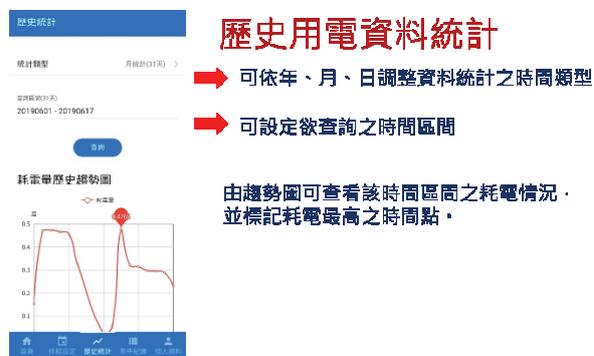


圖 3 APP 歷史用電資料統計

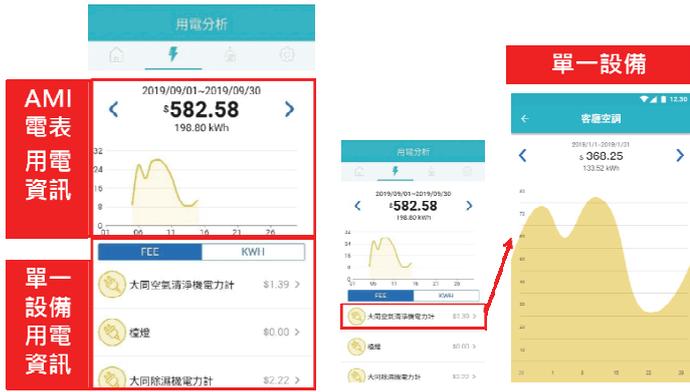


圖 4 AMI 及智慧家電用電分析



圖 5 CEMS Web 功能架構



圖 6 社區用電比較



圖 7 用戶用電排行

四、輸電鐵塔氣象感測器物聯網監測系統研製

(高壓研究室：簡士恩、陳毅明； 供電處：熊開平)

(一) 研究背景與目標：

為因應極端氣候異常狀況(例如：颱風強度越趨變強及短時間內發生強降雨等)危及供電穩定及輸電線路鐵塔基礎安全，並結合物聯網(IOT)感測器技術以加速落實本公司智慧電網，本研究於氣候衝擊敏感區域之鐵塔，包含北供轄區 161kV 坪林~員山線、345kV 深美~冬山線及高屏供轄區 161kV 核三~楓港線等輸電線路鐵塔裝設無線風速、風向及雨量感測器等監測設備，以驗證本公司位於氣候衝擊敏感區域輸電鐵塔塔基之強韌性。

(二) 系統組成、功能及架構：

本監測系統由輸電鐵塔微型氣象站、資料庫伺服器、資訊監測分析軟體等組成。

輸電鐵塔微型氣象站可自供電，採即時量測及無線資料傳輸，量測項目包含風速、風向及雨量，量測方式係參照氣象局《地面氣象測報作業規範》內之量測方式。

每座輸電鐵塔架設一套微型氣象站，本研究共在以下 15 座輸電鐵塔架設微型氣象站(表 1)：

表 1 微型氣象站裝設塔號

位置	塔號	合計(座數)
新北市及宜蘭地區	坪林~員山線#34、#35、#36、#50、#51 深美~冬山線#87、#88、#94、#95、#96、#97	11
恆春地區	核三~楓港線#55、#56、#57、#58	4
	總計	15

氣象站之無線資料傳輸模式須能在同一輸電線路上鄰近之微型氣象站建立區域感測資料收集網(以下簡稱區域感測網路),透過此區域感測網路將各氣象站之資訊收集後,利用在其中一座氣象站之無線轉發設備以電信網路將資料回傳至本所之資料庫伺服器。

區域感測網路可於各氣象站之間建立鏈狀網路,各氣象站透過無線傳輸器將各氣象感測器所收集的資訊(如風速、風向、雨量及儲電量)逐塔跳傳至轉發設備,鏈狀通訊網路具備有備援路徑機制。

氣象站之電源供應由再生能源(太陽能發電)及儲能設備共同組建,當儲能設備電力量較低時($\leq 30\%$),具有低電量警示功能。

資料庫伺服器架設於本所樹林所區,資訊監測分析軟體採用響應式網頁設計(RWD)技術,開發網頁版使用者管理介面,提供各項監測數據呈現、搜尋及 GIS 地理資訊圖資服務,受測塔之位置需以圖示顯示於地圖上,並依照警戒等級分色顯示。

預警機制為「三值四級制」之燈號顯示模式(如圖 1 所示),軟體內並設有「注意值」、「警戒值」及「行動值」等三項管理值,並據以區分為「綠色」、「黃色」、「橙色」、「紅色」等四級警示燈號區間,當某塔號之燈號顏色顯示為「橙色」或「紅色」時,網頁畫面將以跑馬燈型式警示。

預警機制為「三值四級制」之燈號顯示模式(如圖 1 所示),軟體內並設有「注意值」、「警戒值」及「行動值」等三項管理值,並據以區分為「綠色」、「黃色」、「橙色」、「紅色」等四級警示燈號區間,當某塔號之燈號顏色顯示為「橙色」或「紅色」時,網頁畫面將以跑馬燈型式警示。

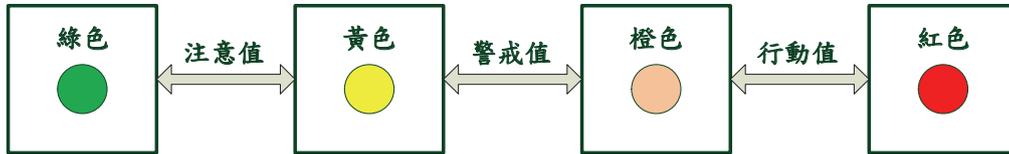


圖 1 「三值四級制」之燈號顯示模式

本監測系統軟硬體架構如圖 2 所示。

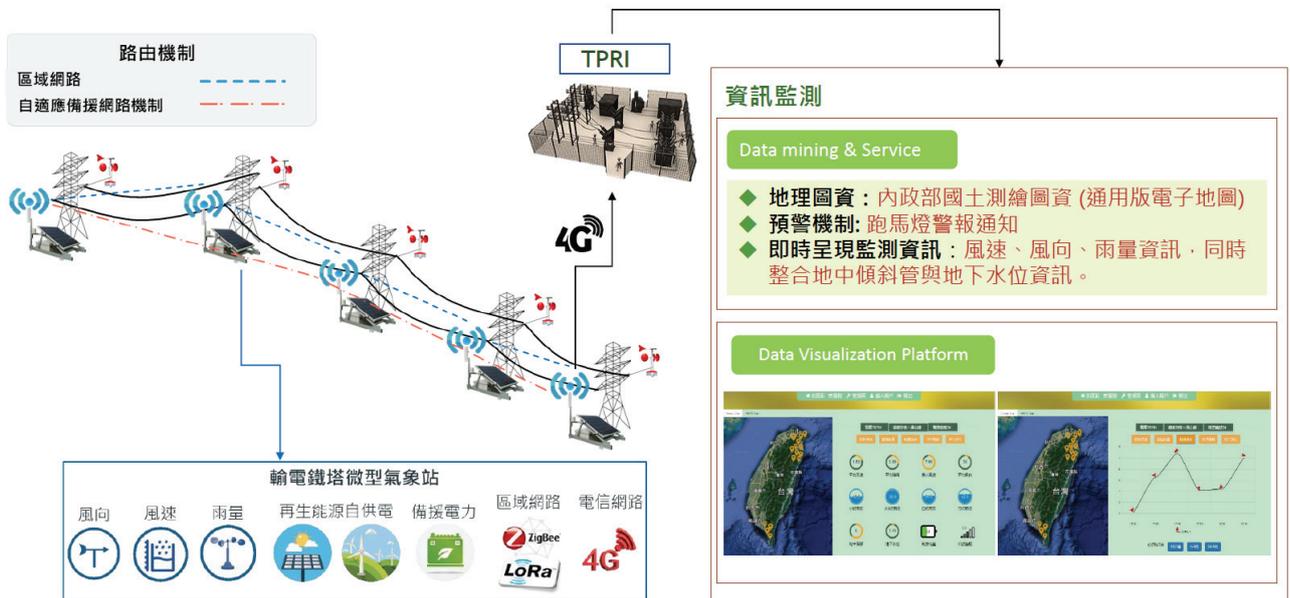


圖 2 系統軟硬體架構

(三) 研究成果：

本監測系統於 108 年 10 月安裝完成,截至目前為止各項監測數據回傳率皆為 100%,顯示系統之穩

定性及可靠性,所蒐集之數據適合用來作輸電鐵塔風場環境分析以驗證塔基之強韌性並重新檢視現行塔基顏色維護管理機制。